PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-231936
(43)Date of publication of application : 19.08.2003

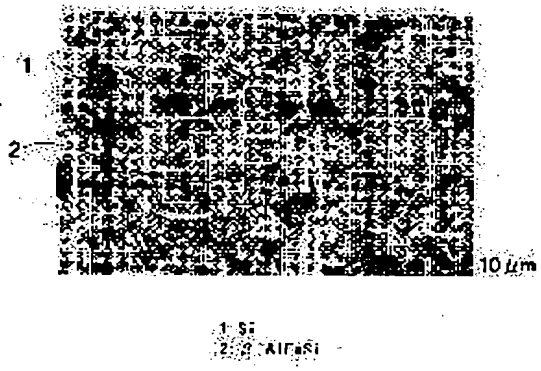
(51)Int.Cl. C22C 21/02
C22C 32/00
F02F 1/00

(21)Application number : 2002-033099
(22)Date of filing : 08.02.2002

(71)Applicant : YAMAHA MOTOR CO LTD
(72)Inventor : INAMI JUNICHI
SUZUKI TAKAHARU

(54) CYLINDER LINER OF ENGINE

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cylinder liner of an engine, which has the improved strength and abrasion resistance, has the reduced manufacturing cost, and is lightweightened.
SOLUTION: In the cylinder liner that is cast-embedded in the cylinder block of the engine, and has a sliding surface on which a piston can slide, formed on the inner surface, the cylinder liner consists of an Al alloy containing Al, Si and Cu as essential components, and at least either one element of Mn and Sn, wherein hardness of the matrix of the Al alloy is 70 HV or higher.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.01.2005
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]
[Claim 1] It is the cylinder liner which consists of aluminum alloy which an engine cylinder block cast-wraps, and said cylinder liner uses aluminum, Si, and Cu as an indispensable component in the cylinder liner by which the sliding surface on which a piston can slide was formed in inner skin, and contains one element of either Mn or Sn at least, and is characterized by the hardness of the matrix component in the aluminum alloy concerned be 70 or more HV.
[Claim 2] Said aluminum alloy is a cylinder liner according to claim 1 which is mass %, and uses Si:20-30 and Cu:0.05-2.0 as an indispensable component, and is characterized by containing the element of either Mn:0.05-4.0 or Sn:0.01-4.0 at least, and the remainder consisting of aluminum and an unescapable impurity.
[Claim 3] Said aluminum alloy is a cylinder liner according to claim 1 or 2 which is mass % and is further characterized by particle size containing aluminum 2O3 2 micrometers or less 10% or less.
[Claim 4] For said aluminum alloy, the area which intermetallic-compound beta-AlFeSi crystallized to said sliding surface occupies when it is mass %, any one or more sorts of elements Mg:0.1-1.5, nickel:1.0-4.0, less than [Cr:0.3], and not more than Fe:2% are contained and Fe contains is a cylinder liner given in either to claims 1-3 characterized by being 5% or less to the whole surface product of said sliding surface.

[Translation done.]

* NOTICES *

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]
[0001]
[Field of the Invention] This invention relates to the cylinder liner which consists of the aluminium alloy which an engine cylinder block cast-wraps.
[0002]
[Description of the Prior Art] Engine lightweight-ization is advanced in connection with the rise of an environmental problem, and lightweight-izing and abrasion resistance are demanded of the material property of the sliding section of engine components. a cylinder liner -- lightweight ---izing -- it cast-wraps and the cylinder liner of structure is put in practical use. It cast-wraps, and the cylinder liner of structure is formed from a tubed aluminium alloy, it cast-wraps the peripheral face with the cylinder block which consists of a die-casting Plastic solid of an aluminium alloy, and the inner skin of a cylinder liner is covered and constituted by hard plating.
[0003] Drawing 5 is drawing showing roughly the cross section of the cylinder block of a multiple cylinder engine. The tubed cylinder bore 12 on which a piston can slide is formed in each gas column of the cylinder block 11 of the multiple cylinder engine 10 shown in drawing 5 , and a cylinder liner 13 cast-wraps in each cylinder bore 12, and it cast-wraps in it by the section 14, and is formed in it. Furthermore, the hard plating coat 15 is formed in the inner skin of a cylinder liner 13 of plating processing.
[0004] It cast-wraps the account of a top and the cylinder liner of structure is produced by the process procedure shown in drawing 6 . First, aluminum alloy ingredient was prepared as a base material of a cylinder liner. In addition, when the component of concrete aluminum alloy ingredient is mentioned, by mass %, Si:9-10.5, Fe:0.5, Cu:2.5-3.5, Mg:0.5-0.8, Mn:0.3, Cr:0.2, and Zn:0.2 are contained, and the remainder consists of aluminum and an unescapable impurity.
[0005] As shown in drawing 6 , after carrying out heating softening, first, the component of aluminum alloy ingredient was adjusted, the bell shape shell which continued by extrusion molding was produced, the produced bell shape shell was cut and the material of a cylinder liner was formed (process 1).
[0006] After having performed water quenching after carrying out heating solution treatment to the material of a cylinder liner, and carrying out aging heat treatment after that, it cooled naturally and surface hardening was performed to the material of a cylinder liner (process 2).
[0007] The electrical conductivity of the cylinder liner obtained after surface hardening was inspected (process 3). After carrying out processing processing of the end face and inside of a cylinder liner flat and smooth, processing processing of the external surface of a cylinder liner was carried out if needed (process 4), the metal mold of a cylinder block was equipped with the cylinder liner, it cast-wrapped with the aluminium die-casting alloy, and fabrication was carried out (process 5). After graduating by the machine grinding process of the inside of a cylinder liner (process 6), the acid washed, alkaline degreasing was performed and distributed plating processing of nickel-P-SiC was carried out after forming an alumite coat as surface treatment (process 7). Honing was carried out to the inside of a cylinder liner, and the precise dimensional tolerance was made (process 8).
[0008] Plating processing is made by inner skin, the sliding surface is formed, and the cylinder liner manufactured by the above-mentioned manufacture approach has secured the abrasion resistance whose sliding of a cylinder is attained.

[0009]
[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although its abrasion resistance improved since the cylinder liner in the former performed plating processing to the inner skin, in one side, the number of production processes increased by plating processing, the production process became complicated, and it had become the cause by which the manufacturing cost of a cylinder block soared.
[0010] Then, the method of raising the abrasion resistance of the aluminum alloy itself which forms a cylinder liner, without performing plating processing is invented. For example, hardening processing is performed to aluminum alloy, surface hardness is raised, and there is the approach of carrying out the reinforcement of the aluminum alloy itself and a wear-resistant improvement. Although it is possible to raise the surface hardness of aluminum alloy by hardening processing of aluminum alloy In case [at which it aimed at lightweight-ization] it cast-wraps and the cylinder liner of structure is manufactured Since it cast-wrapped after hardening processing of a cylinder liner and became an elevated temperature with the heat at the time as mentioned above, the organization which considered as the high degree of hardness by amelioration of the alloy organization by hardening processing cast-wrapped, and changed with the annealing operations by the heat at the time, organization change became a cause, and the degree of hardness of aluminum alloy had fallen. Therefore, the hardening processing of aluminum alloy which was cast-wrapped and was performed before was not able to acquire substantial effectiveness. Consequently, there was a problem that the cylinder liner excellent in reinforcement and both wear-resistant properties could not be obtained.
[0011] This invention is made in order to solve the above-mentioned problem, it raises reinforcement and abrasion resistance, and aims at offering the cylinder liner of the engine which aimed at and lightweight-ized reduction of a manufacturing cost.
[0012]
[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned purpose, research of the ingredient which forms a cylinder liner is done variously. For example, elements, such as Fe and Cu, are added in aluminum alloy ingredient, reinforcement is raised, and the cylinder liner which prevented the fall of hardening is developed. However, although the fall of surface hardness could be prevented when Fe was added, under specific conditions, abrasion resistance had fallen conversely. For this reason, the cylinder liner excellent in reinforcement and both wear-resistant properties was not able to be obtained.

[0013] Drawing 7 is drawing which compared hardness with aluminum alloy ingredient (it considers as a "Base alloy") which contained 25% of Si by mass % in A6061 which is an aluminum-Mg-Si system alloy, and aluminum alloy ingredient (referred to as "Base alloy +4%Fe") which contained 4 more% of Fe into this Base alloy. in addition -- a "Base alloy" and each alloy of "Base alloy +4%Fe" -- an extruded material (T1) -- and it cast-wrapped, the hardness of (A) was measured the back, and the measurement result was shown.
[0014] As shown in drawing 7 , the hardness of the extruded material (T1) of a "Base alloy" was cast-wrapped, and it fell to (A) remarkably the back, but the extruded material (T1) of "Base alloy +4%Fe" was cast-wrapped, and even if it was (A) the back, the fall of a degree of hardness was not seen. Even if aluminum alloy which beta-AlFeSi which metallic-bond compound beta-AlFeSi crystallized during the alloy organization, and was crystallized was distributed in aluminum alloy, aluminum alloy was strengthened when various this cause was studied and Fe was made to contain in aluminum alloy, the surface hardness of aluminum alloy improved, consequently contained Fe was after cast-wrapping it, it turned out that the fall of a degree of hardness can be prevented.
[0015] However, when aluminum alloy was made to contain Fe, it cast-wrapped and next reinforcement has been secured, but under a certain limited abrasion test conditions, when beta-AlFeSi crystallized so much in aluminum alloy, it turned out that abrasion resistance falls remarkably.
[0016] Then, when the part except compound beta-AlFeSi between Si grain metallurgy groups usually distributed not only the hardness of the aluminum alloy itself to measure but in aluminum alloy when many things are studied that a wear-resistant fall should be prevented, i.e., the hardness in the matrix of aluminum alloy, is measured, the hardness of a matrix results participating in the abrasion resistance of aluminum alloy deeply in completion of a header and this invention.
[0017] That is, it consists of aluminum alloy which an engine cylinder block cast-wraps this invention, and a cylinder liner uses aluminum, Si, and Cu as an indispensable component in the cylinder liner by

which the sliding surface on which a piston can slide was formed in inner skin, and contains one element of either Mn or Sn at least, and is characterize by the hardness (Vickers hardness number) of the matrix component in the aluminum alloy concerned be 70 or more HV.

[0018] According to this invention, the cylinder liner excellent in abrasion resistance and both strong properties can be obtained solid solution hardening of a matrix, or by carrying out an age-hardening and setting hardness of a matrix to 70 or more HV so that press quenching may be promoted at the time of extrusion molding of a cylinder liner, and a cylinder block may cast-wrap and aging softening may not sometimes progress. Moreover, according to this invention, since plating processing is unnecessary, reduction of a manufacturing cost can be aimed at.

[0019] In the above-mentioned invention, aluminum alloy is mass % and it is desirable to use Si:20-30 and Cu:0.05-2.0 as an indispensable component, and to contain the element of either Mn:0.05-4.0 or Sn:0.01-4.0 at least, and for the remainder to consist of aluminum and an unescapable impurity.

[0020] According to this invention, overaging softening can be controlled by making the element of either Mn which is a ******** element, or Sn contain at least.

[0021] Although Mn was made to contain 0.05-4.0 times by mass % in aluminum alloy, it is because heat treatability will be injured if the effectiveness is not acquired as the content of Mn is 0.05%, but 4.0 is exceeded. Moreover, although Sn was made to contain 0.01-4.0 times by mass % in aluminum alloy, it is because it will stiffen if the effectiveness is not acquired as the content of Sn is less than 0.01%, but 4.0 is exceeded conversely.

[0022] Moreover, in the above-mentioned invention, aluminum alloy is mass % and it is also desirable for particle size to contain aluminum 2O3 2 micrometers or less.

[0023] According to this invention, hardness of matric can be made into the value of 70 or more HV by mass % by making an alumina (aluminum 2O3) contain 10% or less in aluminum alloy.

[0024] Moreover, in the above-mentioned invention, it is mass %, and when any one or more sorts of elements Mg:0.1-1.5, nickel:1.0-4.0, less than [Cr:0.3], and not more than Fe:2% are contained and Fe contains, it is desirable [aluminum alloy] for the area which intermetallic-compound beta-AlFeSi crystallized to said sliding surface occupies to be 5% or less to the whole surface product of said sliding surface.

[0025] According to this invention, it is good to contain any one or more sorts of elements of Mg, nickel, Cr, and Fe if needed, in order to improve hardenability and an aging property, for example, to make it contain Mg:0.1-1.5, nickel:1.0-4.0, and in not more than Cr:0.3 by mass %. It is because hardenability is checked, so press quenching cannot be promoted here at the time of extrusion molding if Cr is contained in an alloy although the content of Cr was restricted or less with 0.3.

[0026] Moreover, when Fe was made to contain, intermetallic-compound beta-AlFeSi crystallized in aluminum alloy, but since abrasion resistance would fall if the amount of crystallization of beta-AlFeSi increases, in this invention, the area which intermetallic-compound beta-AlFeSi occupies to the whole surface product of a sliding surface was specified as 5% or less.

[0027]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, an example 1 - an example 5 and the example 1 of a comparison - the example 4 of a comparison are given and explained about the cylinder liner which the cylinder block of this invention cast-wrapped.

[0028] In example 1 - example 5 (Table 1) this example, the presentation component of aluminum alloy was adjusted and the cylinder liner which set the degree of hardness of the matrix of an alloy to 70 or more HV was produced.

[0029] First, the component of aluminum alloy ingredient of a cylinder liner was adjusted. As shown in Table 1, the component presentation of an example 1 - an example 3 was mass %, used Si:20-30 and Cu:0.05-2.0 as the indispensable component, and adjusted them to the range which contains alternatively Mn:0.05-4.0, Sn:0.05-4.0, Mg:0.1-1.5, nickel:1.0-4.0, and any one or more sorts of elements not more than Cr:0.3 at least. Moreover, particle size makes aluminum 2O3 2 micrometers or less, as for an example 5, contain in aluminum alloy ingredient.

[0030]

[Table 1]

	組成成分(質量%)									
	Si	Cu	Mg	Mn	Sn	Ni	Cr	Fe	Al_2O_3	Al
実施例1	25.0	1.0	0.8	1.0	0.05	—	—	-	—	bal.
実施例2	25.0	0.2	0.8	—	0.05	—	—	1.0	—	bal.
実施例3	25.0	0.2	0.8	2.0	0.05	—	—	-	—	bal.
実施例4	25.0	0.2	0.8	—	0.05	2.0	—	-	—	bal.
実施例5	25.0	1.0	1.0	1.0	—	—	—	-	5.0	bal.
比較例1	25.0	0.2	0.8	—	—	—	0.2	4.0	—	bal.
比較例2	25.0	1.0	1.0	—	—	—	0.2	4.0	-	bal.
比較例3	17.0	4.5	0.5	—	—	—	—	-	-	bal.
比較例4	25.0	4.0	1.0	—	—	—	—	-	-	bal.

adjusted aluminum alloy ingredient -- dissolving -- the air atomizing method — per second 102 — it cooled with K or more cooling rates, and the end of rapidly solidified powder was produced. It inspected, after collecting and sorting out the end of rapidly solidified powder.

[0031] next, the end of rapidly solidified powder -- a rubber die -- being filled up -- between the colds -- dead water -- after carrying out pressurization (CIP) processing, vacuum sintering processing was carried out and the billet was produced. After carrying out heating softening of the produced billet at the temperature of 425-520 degrees C, it considered as the bell shape shell which carried out extrusion molding and continued. Then, the bell shape shell was cut and the material of a cylinder liner was formed.

[0032] Water quenching was performed after carrying out heating solution treatment to the material of a cylinder liner at the temperature of 545 degrees C. Furthermore, it cooled naturally, 180 degrees C after carrying out aging heat treatment. In addition, although T6 processing was performed, T-four processing which does not carry out aging heat treatment at 180 degrees C according to the selected ingredient may be performed.

[0033] After inspecting the electrical conductivity of the obtained cylinder liner after surface hardening and carrying out processing processing of the end face and inside of a cylinder liner flat and smooth, processing processing of the external surface of a cylinder liner was carried out if needed, and the cylinder liner was obtained.

[0034] The metal mold of a cylinder block was equipped with the cylinder liner, it cast-wrapped with the aluminium die-casting alloy, and fabrication was carried out.

[0035] Furthermore, it gazed at the metal texture of the sliding surface which cast-wrapped and was formed in the inner skin of the cylinder liner after fabrication.

[0036] Drawing 1 is the photograph Fig. expanding and showing the alloy organization in the sliding surface of the cylinder liner of the example 2 used as aluminum alloy ingredient containing Fe. As shown in drawing 1 , as for the alloy organization, crystallization of Si (1) and intermetallic-compound beta-AlFeSi (2) was observed in the matrix. When the alloy organization of a sliding surface was investigated and the deposit area of intermetallic-compound beta-AlFeSi in per unit area was measured, the area which beta-AlFeSi occupies had become 5% or less per unit area of within the limits.

[0037] In the example of the example 1 of a comparison - an example of comparison 4 (Table 1) book comparison, in order to form a cylinder liner by the same production process as the example mentioned above, the explanation is omitted. Differing from an example is in the point which made the presentation of aluminum alloy ingredient out of range [this invention].

[0038] The example 1 of a comparison and the example 2 of a comparison are aluminum alloy ingredients with which the content of Fe exceeds 2%, and the example 3 of a comparison and the example 4 of a comparison are aluminum alloy ingredients which do not contain Fe.

[0039] The cylinder liner which consists of aluminum alloy using each aluminum alloy ingredient to the above-mentioned example 1 - an example 5 and the example 1 of a comparison - the example 4 of a comparison was formed, and the hardness and abrasion loss of a cylinder liner (the aluminum alloy itself) were measured. The hardness of aluminum alloy which forms a cylinder liner was measured by the Rockwell trial, and abrasion loss was measured by the reciprocating motion abrasion test.

[0040] A reciprocation abrasion test measures abrasion loss under a fixed load between a polishing ring and a test piece, and the test condition was considered as 2, test period an average of 0.16 m/s and wear distance of 300m with a load planar pressure of 1.0Ns [/mm], and lubrication oil 1ml dropping, measured the wear volume, and calculated abrasion loss. A measurement result is shown in drawing 2 R> 2.

[0041] As shown in drawing 2 , as for the abrasion loss of the cylinder liner (the example 1 of a comparison, example 2 of a comparison) which consists of aluminum alloy which contained 4% of Fe by mass %, abrasion resistance fell mostly. Each abrasion loss of the cylinder liner (the example 3 of a comparison, example 4 of a comparison) which consists of aluminum alloy which does not contain Fe on the other hand is a value lower than 0.4, and it became clear that abrasion resistance is good.
[0042] Next, the hardness and abrasion loss of a matrix in aluminum alloy were measured. The hardness of a matrix was measured by the Vickers hardness test, and used the Vickers hardness number meter which set the load to 0.5g. As shown in drawing 3 , the matrix in aluminum alloy measured the Vickers hardness number of the part except hard particles, such as Si, and made the average by ten measurement matrix hardness. Abrasion loss was measured according to the same test condition as the reciprocation abrasion test mentioned above. A measurement result is shown in drawing 4 .
[0043] As shown in drawing 4 , the matrix hardness of aluminum alloy of the example 1 of a comparison containing Fe and the example 2 of a comparison is the value of 70 or less HV, and abrasion loss was increasing. On the other hand, each aluminum alloy ingredient of the example 3 of a comparison which does not contain Fe, and the example 4 of a comparison was a value with matrix hardness lower than 70HV, and abrasion loss was 0.3 or more. On the other hand, it is 70 or more HV, and abrasion loss is 0.3 or less, and each matrix hardness of aluminum alloy of an example 1 – an example 5 was able to obtain the cylinder liner which has the outstanding reinforcement and abrasion resistance.
[0044] It considered as the component presentation of this example within the limits, and it became clear that the cylinder liner which has the outstanding reinforcement and abrasion resistance could be obtained solid solution hardening of a matrix which is set to 70 or more HV in matrix hardness, or by carrying out an age-hardening.
[0045] Therefore, according to this operation gestalt, the cylinder liner which has the reinforcement and abrasion resistance which were excellent by performing processing of solid solution hardening of a matrix and an age-hardening can be obtained so that the hardness of the matrix of aluminum alloy which forms a cylinder liner may be set to 70 or more HV, and further, since it is not necessary to carry out plating processing at the inner skin of a cylinder liner, reduction of the manufacturing cost of a cylinder liner can be aimed at.
[0046]
[Effect of the Invention] According to this invention, as explained above, it has the outstanding high temperature strength and abrasion resistance, and since the cylinder liner of the engine which planned lightweight-izing and manufacture cost reduction can be obtained, by applying the cylinder liner of this invention to an engine, it can realize engine lightweight-ization and reducing an environmental load further, and contributes to development of industry.

[Translation done.]

* NOTICES *

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]
[Drawing 1] Drawing showing the organization of aluminum alloy of an example 2 in this operation gestalt.

[Drawing 2] Drawing showing the hardness of aluminum alloy, and the relation of abrasion loss.
[Drawing 3] Drawing showing the example of the sample extracted out of aluminum alloy organization in case the degree of hardness of the matrix of aluminum alloy is measured.
[Drawing 4] Drawing showing the hardness of the matrix in aluminum alloy, and the relation of abrasion loss.
[Drawing 5] The schematic diagram showing the cross section of the cylinder block of a multiple cylinder engine in the former.
[Drawing 6] The manual procedure Fig. in the former in which cast-wrapping and showing the production process of the cylinder liner of structure.
[Drawing 7] About a "Base alloy" and each alloy of "Base alloy +4%Fe", they are an extruded material (T1) and drawing which cast-wrapped and compared the hardness of (A) the back.
[Description of Notations]
1 -- Si,
2 -- Beta-AlFeSi

[Translation done.]

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号
特開2003－231936
（P2003－231936A）
(43)公開日　平成15年８月19日(2003.8.19)

(51)Int.Cl.⁷	識別記号	ＦＩ		テーマコード（参考）
Ｃ２２Ｃ　21/02		Ｃ２２Ｃ　21/02		３Ｇ０２４
32/00		32/00	Ｒ	
Ｆ０２Ｆ　1/00		Ｆ０２Ｆ　1/00	Ｄ	
			Ｋ	

審査請求　未請求　請求項の数４　ＯＬ　（全６頁）

(21)出願番号　特願2002－33099(P2002－33099)

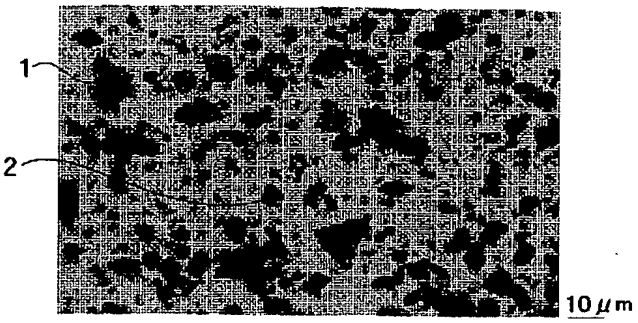
(22)出願日　平成14年２月８日(2002.2.8)

(71)出願人　000010076
ヤマハ発動機株式会社
静岡県磐田市新貝2500番地
(72)発明者　稲波　純一
静岡県磐田市新貝2500番地　ヤマハ発動機株式会社内
(72)発明者　鈴木　貴晴
静岡県磐田市新貝2500番地　ヤマハ発動機株式会社内
(74)代理人　100083806
弁理士　三好　秀和　（外７名）

Ｆターム(参考)　3G024 AA25 FA06 FA13 FA14 GA02 HA07

(54)【発明の名称】　エンジンのシリンダライナ

(57)【要約】
【課題】　強度および耐摩耗性を向上させ、かつ製造コストの削減を図り、軽量化したエンジンのシリンダライナを提供する。
【解決手段】　エンジンのシリンダブロックに鋳包まれ、内周面にピストンが摺動可能な摺動面が形成されたシリンダライナにおいて、シリンダライナは、Ａｌ、Ｓｉおよびを必須の成分とし、かつ、ＭｎまたはＳｎのいずれかの一方の元素を少なくとも含有するＡｌ合金から成り、Ａｌ合金中のマトリックス成分の硬さが７０ＨＶ以上であることを特徴とする。



1:Si
2:β-AlFeSi

【特許請求の範囲】

【請求項１】　エンジンのシリンダブロックに鋳包まれ、内周面にピストンが摺動可能な摺動面が形成されたシリンダライナにおいて、

前記シリンダライナは、Ａｌ、ＳｉおよびＣｕを必須の成分とし、かつ、ＭｎまたはＳｎのいずれかの一方の元素を少なくとも含有するＡｌ合金から成り、当該Ａｌ合金中のマトリックス成分の硬さが７０ＨＶ以上であることを特徴とするシリンダライナ。

【請求項２】　前記Ａｌ合金は、質量%で、Ｓｉ：２０～３０、Ｃｕ：０．０５～２．０を必須の成分とし、かつ、Ｍｎ：０．０５～４．０またはＳｎ：０．０１～４．０のいずれか一方の元素を少なくとも含有し、残部がＡｌ及び不可避的不純物から成ることを特徴とする請求項１記載のシリンダライナ。

【請求項３】　前記Ａｌ合金は、さらに、質量%で、粒径が２μｍ以下のAl_2O_3を１０%以下含有することを特徴とする請求項１または２記載のシリンダライナ。

【請求項４】　前記Ａｌ合金は、質量%で、Ｍｇ：０．１～１．５、Ｎｉ：１．０～４．０、Ｃｒ：０．３以下およびＦｅ：２%以下のいずれか一種以上の元素を含有しており、Ｆｅが含有された場合に、前記摺動面に晶出する金属間化合物β－ＡｌＦｅＳｉの占める面積が、前記摺動面の全面積に対して５%以下であることを特徴とする請求項１から３までのいずれかに記載のシリンダライナ。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、エンジンのシリンダブロックに鋳包まれるアルミニウム合金から成るシリンダライナに関する。

【０００２】

【従来の技術】環境問題の高まりに伴いエンジンの軽量化が進められており、エンジン部品の摺動部の材料特性には、軽量化および耐摩耗性が要求されている。例えば、シリンダライナには、軽量化可能な鋳包み構造のシリンダライナが実用化されている。鋳包み構造のシリンダライナは筒状のアルミニウム合金から形成され、その外周面はアルミニウム合金のダイカスト成形体からなるシリンダブロックにより鋳包まれ、シリンダライナの内周面は硬質めっきに被覆され構成される。

【０００３】図５は、多気筒エンジンのシリンダブロックの断面を概略的に示す図である。図５に示す多気筒エンジン１０のシリンダブロック１１の各気筒にはピストンが摺動可能な筒状のシリンダボア１２が形成され、各シリンダボア１２にシリンダライナ１３が鋳包み部１４により鋳包み形成される。さらに、シリンダライナ１３の内周面には、めっき処理により硬質めっき皮膜１５が形成される。

【０００４】上記鋳包み構造のシリンダライナは、図６に示す工程手順により作製される。まず、シリンダライナの母材としてＡｌ合金材料を用意した。なお、具体的なＡｌ合金材料の成分を挙げると、質量%で、Ｓｉ：９～１０．５、Ｆｅ：０．５、Ｃｕ：２．５～３．５、Ｍｇ：０．５～０．８、Ｍｎ：０．３、Ｃｒ：０．２、Ｚｎ：０．２を含有し、残部がＡｌおよび不可避的不純物から成る。

【０００５】図６に示すように、まず、Ａｌ合金材料の成分を調整し、加熱軟化させた後、押出し成形により連続した中空円筒状の管体を作製し、作製した中空円筒状の管体を切断し、シリンダライナの素材を形成した（工程１）。

【０００６】シリンダライナの素材に加熱溶体化処理した後、水焼入れを行い、その後時効熱処理をした後、自然冷却してシリンダライナの素材に表面硬化処理を施した（工程２）。

【０００７】表面硬化処理後に、得られたシリンダライナの電気伝導度を検査した（工程３）。シリンダライナの端面や内面を平滑に加工処理した後、必要に応じてシリンダライナの外面の加工処理をし(工程４)、シリンダブロックの金型にシリンダライナを装着し、アルミニウムダイカスト合金により鋳包み成形加工をした（工程５）。シリンダライナの内面の機械研削加工により平滑化した後（工程６）、酸により洗浄し、アルカリ脱脂を行い、下地処理としてアルマイト皮膜を形成後、Ｎｉ－Ｐ－ＳｉＣの分散めっき処理をした（工程７）。シリンダライナの内面にホーニング加工をし、精密な寸法公差に仕上げた（工程８）。

【０００８】上記製造方法により製造されたシリンダライナは、内周面にめっき処理がなされ摺動面が形成されており、シリンダの摺動が可能となる耐摩耗性を確保している。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来におけるシリンダライナは、その内周面にめっき処理を施したため耐摩耗性が向上したが、一方において、めっき処理により製造工程数が増加し製造工程が煩雑となり、シリンダブロックの製造コストが高騰する原因となっていた。

【００１０】そこで、めっき処理を施さずにシリンダライナを形成するＡｌ合金自体の耐摩耗性を向上させる方法が考え出されている。例えば、Ａｌ合金に硬化処理を施して表面硬度を高めて、Ａｌ合金自体の強度および耐摩耗性の改善をする方法がある。Ａｌ合金の硬化処理によりＡｌ合金の表面硬度を高めることが可能であるが、軽量化を目的とした鋳包み構造のシリンダライナを製造する際には、前述したように、シリンダライナの硬化処理後に鋳包み時の熱で高温になるため、硬化処理による合金組織の改良により高硬度とした組織が、鋳包み時の熱による焼き鈍し作用により変化し、組織変化が原因と

なりＡｌ合金の硬度が低下してしまっていた。従って、鋳包み前に行ったＡｌ合金の硬化処理は、実質的な効果を得ることができなかった。その結果、強度および耐摩耗性の両特性に優れたシリンダライナを得られないという問題があった。

【００１１】本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、強度および耐摩耗性を向上させ、かつ製造コストの削減を図り、軽量化したエンジンのシリンダライナを提供することを目的とする。

【００１２】

【課題を解決するための手段】上記目的を解決するために、シリンダライナを形成する材料の研究が種々行われている。例えば、Ａｌ合金材料中にＦｅやＣｕなどの元素を添加して強度を向上させて、硬化の低下を防止したシリンダライナが開発されている。しかし、Ｆｅを添加すると表面硬度の低下を防止できるものの、逆に特定の条件下では耐摩耗性が低下してしまっていた。このため、強度および耐摩耗性の両特性が優れたシリンダライナを得ることができなかった。

【００１３】図７は、Ａｌ－Ｍｇ－Ｓｉ系合金であるＡ６０６１に質量%で２５%のＳｉを含有したＡｌ合金材料（「Ｂａｓｅ合金」とする）、このＢａｓｅ合金にさらに４%のＦｅを含有したＡｌ合金材料（「Ｂａｓｅ合金＋４%Ｆｅ」とする）との硬さを比較した図である。なお、「Ｂａｓｅ合金」および「Ｂａｓｅ合金＋４%Ｆｅ」の各合金について、押出材（Ｔ１）および鋳包み後（Ａ）の硬さを測定し、その測定結果を示した。

【００１４】図７に示すように、「Ｂａｓｅ合金」の押出材（Ｔ１）の硬さは、鋳包み後（Ａ）に著しく低下したが、これに対し、「Ｂａｓｅ合金＋４%Ｆｅ」の押出材（Ｔ１）は、鋳包み後（Ａ）であっても硬度の低下は見られなかった。この原因を種々研究したところ、Ａｌ合金中にＦｅを含有させると合金組織中に金属結合化合物β－ＡｌＦｅＳｉが晶出し、晶出したβ－ＡｌＦｅＳｉは Ａｌ合金中に分散されてＡｌ合金が強化されＡｌ合金の表面硬度が向上し、その結果、Ｆｅを含有したＡｌ合金は、鋳包む後であっても硬度の低下を防止できることが判った。

【００１５】しかしながら、Ａｌ合金にＦｅを含有させた場合には、鋳包み後の強度を確保できたが、ある限定された摩耗試験条件下では、Ａｌ合金中にβ－ＡｌＦｅＳｉが多量に晶出すると、耐摩耗性が著しく低下することが判った。

【００１６】そこで、耐摩耗性の低下を防止すべく種々研究したところ、通常、測定するＡｌ合金自体の硬さのみならず、Ａｌ合金中に分散されるＳｉ粒や金属間化合物β－ＡｌＦｅＳｉを除いた部分、すなわち、Ａｌ合金のマトリックスにおける硬さを測定したところ、マトリックスの硬さがＡｌ合金の耐摩耗性に深く関与していることを見出し、本発明の完成に至ったものである。

【００１７】すなわち、本発明は、エンジンのシリンダブロックに鋳包まれ、内周面にピストンが摺動可能な摺動面が形成されたシリンダライナにおいて、シリンダライナは、Ａｌ、ＳｉおよびＣｕを必須の成分とし、かつ、ＭｎまたはＳｎのいずれかの一方の元素を少なくとも含有するＡｌ合金から成り、当該Ａｌ合金中のマトリックス成分の硬さ（ビッカース硬さ）が７０ＨＶ以上であることを特徴とする。

【００１８】本発明によれば、シリンダライナの押出成形時にプレス焼入れを促進し、かつ、シリンダブロックの鋳包み時に時効軟化が進まないように、マトリックスの固溶硬化または時効硬化させてマトリックスの硬さを７０ＨＶ以上とすることにより、耐摩耗性および強度の両特性が優れたシリンダライナを得ることができる。また、本発明によれば、めっき処理が不要であることから製造コストの削減を図ることができる。

【００１９】上記発明において、Ａｌ合金は、質量%で、Ｓｉ：２０～３０、Ｃｕ：０．０５～２．０を必須の成分とし、かつ、Ｍｎ：０．０５～４．０またはＳｎ：０．０１～４．０のいずれか一方の元素を少なくとも含有し、残部がＡｌ及び不可避的不純物から成ることが望ましい。

【００２０】本発明によれば、遅時効性元素であるＭｎあるいはＳｎのいずれか一方の元素を少なくとも含有させることにより、過時効軟化を抑制することができる。

【００２１】Ａｌ合金中にＭｎを質量%で０．０５～４．０含有させたが、Ｍｎの含有量が０．０５%であるとその効果が得られず、４．０を超えると熱処理性を害するからである。また、Ｓｎは、Ａｌ合金中に質量%で０．０１～４．０含有させたが、Ｓｎの含有量が０．０１%未満であるとその効果が得られず、逆に、４．０を超えると脆化するからである。

【００２２】また、上記発明において、Ａｌ合金は、質量%で、粒径が２μｍ以下のAl_2O_3を含有することも望ましい。

【００２３】本発明によれば、質量%で、Ａｌ合金中にアルミナ（Al_2O_3）を１０%以下含有させることにより、マトリックの硬さを７０ＨＶ以上の値とすることができる。

【００２４】また、上記発明において、Ａｌ合金は、質量%で、Ｍｇ：０．１～１．５、Ｎｉ：１．０～４．０、Ｃｒ：０．３以下およびＦｅ：２%以下のいずれか一種以上の元素を含有しており、Ｆｅが含有された場合に、前記摺動面に晶出する金属間化合物β－ＡｌＦｅＳｉの占める面積が、前記摺動面の全面積に対して５%以下であることが望ましい。

【００２５】本発明によれば、焼入れ性や時効特性を改善するために必要に応じてＭｇ、Ｎｉ、ＣｒおよびＦｅのいずれか一種以上の元素を含有しても良く、例えば、質量%で、Ｍｇ：０．１～１．５、Ｎｉ：１．０～４．

０、Ｃｒ：０．３以下の範囲で含有させると良い。ここで、Ｃｒの含有量を０．３以下と制限したが、合金中にＣｒを含有すると焼入れ性が阻害されるため、押出成形時にプレス焼入れを促進することができないからである。

【００２６】また、Ｆｅを含有させるとＡｌ合金中に金属間化合物β－ＡｌＦｅＳｉが晶出するが、β－ＡｌＦｅＳｉの晶出量が増加すると耐摩耗性が低下するため、本発明において、摺動面の全面積に対して金属間化合物β－ＡｌＦｅＳｉの占める面積を５％以下と規定した。

【００２７】

【発明の実施の形態】以下、本発明のシリンダブロックに鋳包まれたシリンダライナについて、実施例１～実施例５および比較例１～比較例４を挙げて説明する。

【００２８】実施例１～実施例５（表１）

調整したＡｌ合金材料を溶解し、エアアトマイズ法により毎秒10^2Ｋ以上の冷却速度で冷却し、急冷凝固粉末を作製した。急冷凝固粉末を回収し、選別した後検査を行った。

【００３１】次に、急冷凝固粉末をゴム型に充填し、冷間静水加圧（ＣＩＰ）処理した後、真空焼結処理してビレットを作製した。作製したビレットを４２５～５２０℃の温度で加熱軟化させた後、押出し成形して連続した中空円筒状の管体とした。その後、中空円筒状の管体を切断し、シリンダライナの素材を形成した。

【００３２】シリンダライナの素材に温度５４５℃で加熱溶体化処理した後、水焼入れを行った。さらに、１８０℃での時効熱処理した後自然冷却をした。なお、Ｔ６処理を施したが、選択した材料に応じて１８０℃での時効熱処理を実施しないＴ４処理を施しても良い。

【００３３】表面硬化処理後、得られたシリンダライナの電気伝導度を検査し、シリンダライナの端面や内面を平滑に加工処理した後、必要に応じてシリンダライナの外面の加工処理をし、シリンダライナを得た。

【００３４】シリンダブロックの金型にシリンダライナを装着し、アルミニウムダイカスト合金により鋳包み成形加工をした。

【００３５】さらに、鋳包み成形加工後のシリンダライナの内周面に形成された摺動面の金属組織の観察を行った。

【００３６】図１は、Ｆｅを含有したＡｌ合金材料とした実施例２のシリンダライナの摺動面における合金組織を拡大して示す写真図である。図１に示すように、合金組織は、マトリックス中にＳｉ（１）および金属間化合物β－ＡｌＦｅＳｉ（２）の晶出が観察された。摺動面の合金組織の調査を行い、単位面積あたりにおける金属間化合物β－ＡｌＦｅＳｉの析出面積を測定したところ、β－ＡｌＦｅＳｉの占める面積は、単位面積あたり５％以下の範囲内となっていた。

本実施例では、Ａｌ合金の組成成分を調整し、合金のマトリックスの硬度を７０ＨＶ以上としたシリンダライナを作製した。

【００２９】まず、シリンダライナのＡｌ合金材料の成分を調整した。表１に示すように、実施例１～実施例３の成分組成は、質量％で、Ｓｉ：２０～３０、Ｃｕ：０．０５～２．０を必須の成分とし、Ｍｎ：０．０５～４．０、Ｓｎ：０．０５～４．０、Ｍｇ：０．１～１．５、Ｎｉ：１．０～４．０およびＣｒ：０．３以下のいずれか一種以上の元素を少なくとも選択的に含有する範囲に調整した。また、実施例５は、Ａｌ合金材料中に粒径が２μｍ以下のAl_2O_3を含有させたものである。

【００３０】

【表１】

	組成成分（質量%）									
	Si	Cu	Mg	Mn	Sn	Ni	Cr	Fe	Al_2O_3	Al
実施例1	25.0	1.0	0.8	1.0	0.05	—	—	—	—	bal.
実施例2	25.0	0.2	0.8	—	0.05	—	—	1.0	—	bal.
実施例3	25.0	0.2	0.8	2.0	0.05	—	—	—	—	bal.
実施例4	25.0	0.2	0.8	—	0.05	2.0	—	—	—	bal.
実施例5	25.0	1.0	1.0	1.0	—	—	—	—	5.0	bal.
比較例1	25.0	0.2	0.8	—	—	—	0.2	4.0	—	bal.
比較例2	25.0	1.0	1.0	—	—	—	0.2	4.0	—	bal.
比較例3	17.0	4.5	0.5	—	—	—	—	—	—	bal.
比較例4	25.0	4.0	1.0	—	—	—	—	—	—	bal.

【００３７】比較例１～比較例４（表１）

本比較例では、上述した実施例と同様の製造工程によりシリンダライナを形成したものであるため、その説明を省略する。実施例と異なるのはＡｌ合金材料の組成を本発明の範囲外とした点にある。

【００３８】比較例１および比較例２は、Ｆｅの含有量が２％を超えるＡｌ合金材料であり、比較例３および比較例４はＦｅを含有していないＡｌ合金材料である。

【００３９】上記実施例１～実施例５および比較例１～比較例４までの各Ａｌ合金材料を用いてＡｌ合金から成るシリンダライナを形成し、シリンダライナ（Ａｌ合金自体）の硬さおよび摩耗量を測定した。シリンダライナを形成するＡｌ合金の硬さはロックウェル試験により測定し、摩耗量は往復運動摩耗試験により測定した。

【００４０】往復動摩耗試験は、研摩輪と試験片の間に一定荷重の下で摩耗量を測定するものであり、試験条件は、負荷面圧１．０Ｎ／mm^2、試験速度平均０．１６ｍ／ｓ、摩耗距離３００ｍ、潤滑オイル１ｍｌ滴下とし、摩耗体積を測定して摩耗量を求めた。測定結果を図２に示す。

【００４１】図２に示すように、質量%で４%のＦｅを含有したＡＩ合金から成るシリンダライナ（比較例１、比較例２）の摩耗量は多く耐摩耗性が低下した。一方、Ｆｅを含有していないＡＩ合金から成るシリンダライナ（比較例３、比較例４）の摩耗量はいずれも０．４よりも低い値であり、耐摩耗性が良好であることが判明した。

【００４２】次に、ＡＩ合金中のマトリックスの硬さおよび摩耗量を測定した。マトリックスの硬さはビッカース硬さ試験により測定し、荷重を０．５ｇとしたビッカース硬さ計を使用した。ＡＩ合金中のマトリックスは、図３に示すように、Ｓｉ等の硬質粒子を除いた部分のビッカース硬さを測定し、１０回の測定による平均値をマトリックス硬さとした。摩耗量は、上述した往復動摩耗試験と同様の試験条件により測定した。測定結果を図４に示す。

【００４３】図４に示すように、Ｆｅを含有した比較例１および比較例２のＡＩ合金のマトリックス硬さは７０ＨＶ以下の値であり、摩耗量は増大していた。一方、Ｆｅを含有しない比較例３および比較例４のＡＩ合金材料は、いずれもマトリックス硬さが７０ＨＶより低い値であり、かつ、摩耗量が０．３以上であった。これに対し、実施例1～実施例５のＡＩ合金のマトリックス硬さはいずれも７０ＨＶ以上であり、かつ、摩耗量が０．３以下であり、優れた強度および耐摩耗性を有するシリンダライナを得られた。

【００４４】本実施例の範囲内の成分組成とし、マトリックス硬さを７０ＨＶ以上となるようなマトリックスの固溶硬化または時効硬化することにより、優れた強度および耐摩耗性を有するシリンダライナを得られることが判明した。

【００４５】従って、本実施形態によれば、シリンダライナを形成するＡＩ合金のマトリックスの硬さを７０ＨＶ以上となるようにマトリックスの固溶硬化および時効硬化の処理を施すことにより、優れた強度および耐摩耗性を有するシリンダライナを得ることができ、さらに、シリンダライナの内周面にめっき処理する必要がないことから、シリンダライナの製造コストの削減を図ることができる。

【００４６】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、優れた高温強度および耐摩耗性を有し、軽量化かつ製造コスト削減を図ったエンジンのシリンダライナを得ることができるため、本発明のシリンダライナをエンジンに適用することにより、エンジンの軽量化、さらには、環境負荷を減らすことを実現することができ、産業の発達に寄与するものである。

【図面の簡単な説明】

【図１】本実施形態における、実施例２のＡＩ合金の組織を示す図。

【図２】ＡＩ合金の硬さおよび摩耗量の関係を示す図。

【図３】ＡＩ合金のマトリックスの硬度を測定する際に、ＡＩ合金組織中から採取するサンプルの例を示す図。

【図４】ＡＩ合金中のマトリックスの硬さおよび摩耗量の関係を示す図。

【図５】従来における、多気筒エンジンのシリンダブロックの断面を示す概略図。

【図６】従来における、鋳包み構造のシリンダライナの製造工程を示す手手順図。

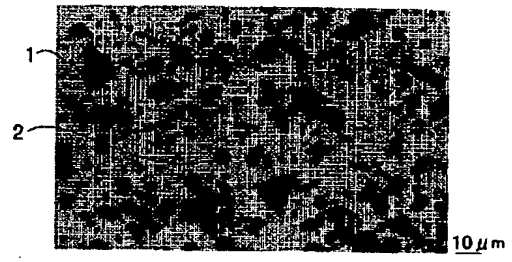
【図７】「Ｂａｓｅ合金」および「Ｂａｓｅ合金＋４%Ｆｅ」の各合金について、押出材（Ｔ１）および鋳包み後（Ａ）の硬さを比較した図。

【符号の説明】

１…Ｓｉ，

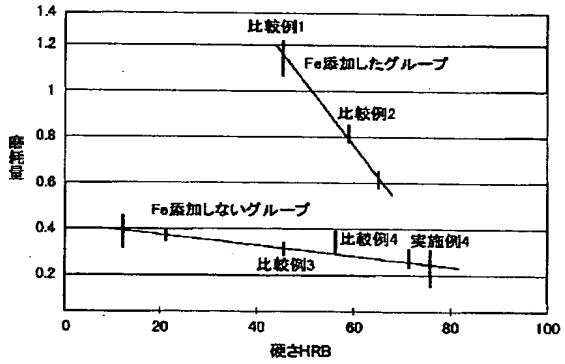
２…β－ＡＩＦｅＳｉ，

【図１】

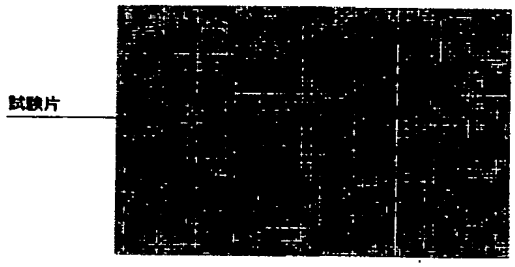


1:Si
2:β-AlFeSi

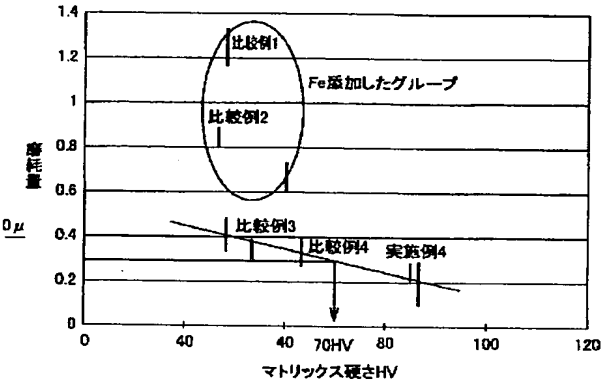
【図２】



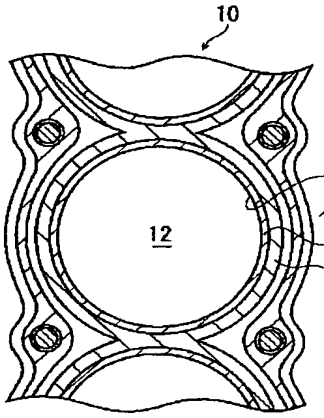
【図３】


試験片
10μ

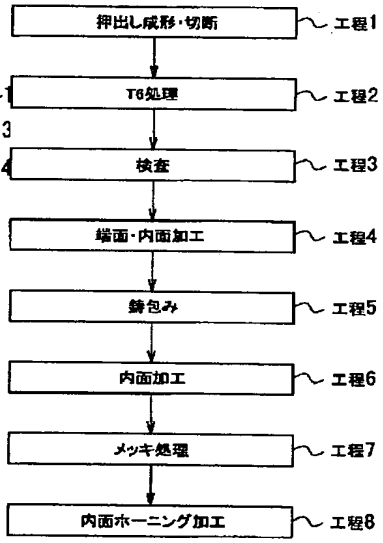
【図４】


比較例1
Fe添加したグループ
比較例2
比較例3
比較例4
実施例4
摩耗量
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
40
40
70HV
80
100
120
マトリックス硬さHV

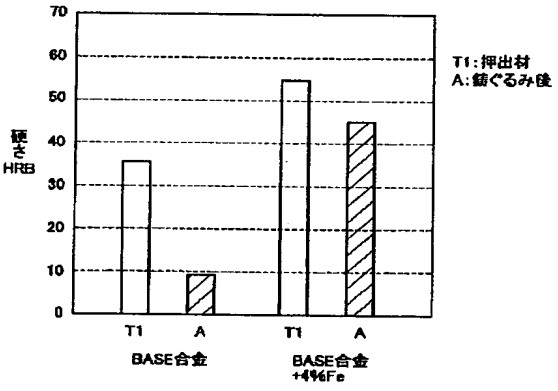
【図５】


10
15
11
12
13
14

【図６】


押出し成形・切断
工程1
T6処理
工程2
検査
工程3
端面・内面加工
工程4
鋳包み
工程5
内面加工
工程6
メッキ処理
工程7
内面ホーニング加工
工程8

【図７】


硬さ
HRB
70
60
50
40
30
20
10
0
T1
A
T1
A
BASE合金
BASE合金
+4%Fe
T1:押出材
A:鋳ぐるみ後